

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikka
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto

Valtteri Vaarsalo

VIHERKATTORAKENTAMINEN

Opinnäytetyö 2011

TIIVISTELMÄ

Valtteri Vaarsalo
Viherkattorakentaminen 43 sivua
Saimaan ammattikorkeakoulu, Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennesuunnittelun suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö 2011, Arkkitehti Martti Muinonen

Viherkattojen nopeatempoinen markkinoille tulo on saanut aikaan laajan kirjon erilaisia rakentamista opastavia suunnitteluoppaita sekä tuotteita. Tämä on aiheuttanut erilaisia jopa ristiriitaisia mielipiteitä viherkattojen rakennustavasta sekä toiminnasta. Työn tarkoituksena on kartoittaa Suomen olosuhteissa toimivan viherkaton edut ja mahdolliset riskit sekä luoda tarjolla olevasta tiedosta kattava tietopaketti viherkattojen sen rakentamisesta ja toiminnasta Suomen olosuhteissa.

Työssä tutkitaan viherkattoja tutkineiden instituutioiden tarjoamaa tietoa sekä vertaillaan niistä saatavalla olevaa informaatiota viherkaton rakentamisesta. Näiden pohjalta on pyritty luomaan eri osa-alueiden esille nostamista aiheista viherkattohankkeeseen ryhtyvälle laaja tietopaketti viherkaton mahdollisuuksista, huomioitavista asioista sekä rakentamisesta.

Eri artikkelien vertailussa havaittiin vain vähän ristiriitaisuuksia. Artikkelien ja oppaiden vertailussa tuli kuitenkin esiin kirjoittajien erilainen näkökanta viherkattojen toiminnasta sekä saavutettavista eduista. Yllättävää oli, ettei kriittisesti viherkattoihin suhtautuvaa tietoa tai artikkelia tullut eteen. Vain saavutettavien etujen numeraaliset arvot vaihtelivat.

Työn edetessä tuli esille konkreettinen viherkaton toiminnan seuraamisen puute. Yhden esille tulleen seurannan perusteella on vaikea antaa vertauskelpoista tietoa. Lähinnä ainoana riskinä todettiin rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta. Kuitenkin oikein suunniteltuna ja rakennettuna on epäonnistumisen riski hyvin pieni.

Työ puhuu viherkattorakentamisen puolesta ja antaa tietoa niin tilaajalle, rakentajalle että suunnittelijalle. Työssä myös pyritään tuomaan esille ympäristövaikutukset lähinnä hulevesien osalta ja antaa yhden ratkaisumallin katoilta tulevien hulevesien käsittelylle.

Asiasanat: viherkatto, edut, suunnittelu, rakentaminen

Valtteri Vaarsalo
Greenroofing, 43 pages
Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta
Civil and Construction Engineering
Structural Design
Thesis 2011, Senior Lecturer Martti Muinonen, Saimaa University of Applied Sciences

Green roof's fast-paced market entry has led to a broad spectrum of the construction of instructional planning guides and products. This has caused the variety of opinions, sometimes contradictory opinions about the construction as well as behavior of green roofs. The purpose of the thesis was to clarify the benefits and potential risks as well as create awareness of the available comprehensive information about green roofs in the construction and the activities in Finnish circumstances.

The study examined the information about green roofs offered by several institutions and compares it to the information at the time of green roof construction. Based on these efforts the work created a comprehensive information package of the main topics for a green roof project. The possibilities of green roof, as well as comments on matters of the construction are also studied

The comparison of different articles revealed only few contradictions. The comparison of articles and guides revealed the authors' different point of view about green roofs as well as the activities of benefits. It was surprising that a critical attitude, towards green roofs or items was not found. Only the benefits quantified values varied.

As the work progressed, it revealed a deficiency of active green roof activity monitoring. The only risk was the structure of the buildings physical activity. However, when properly designed and constructed the risk of failure is very small.

The thesis speaks on behalf of greenroofing and provides information to the client, builder and designer. The thesis also seeks to raise environmental effects, mainly for storm water and provide one solution for stormwater treatment from roofs.

Keywords: greenroof, benefits, design, building

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	5
2 VIHHERKATTOJEN HISTORIAA	6
3 VIHHERKATTOJA KOSKEVAA LAINSÄÄDÄNTÖÄ	8
4 VIHERRAKENTEILLA SAAVUTETTAVAT EDUT	9
4.1 Hulevesien suodatus ja imeytys	11
4.2 Viherkaton visuaalisuus ja terveysvaikutukset	12
5 VIHHERKATON RISKIT	13
6 LUOKITTELU	14
6.1 Extensive	15
6.2 Intensive	16
6.3 Semi-intensive	18
7 VIHHERKATTORAKENTEET	19
7.1 Suunnittelu	19
7.1.1 Kuormitus	20
7.1.2 Kattokaltevuus	21
7.1.3 Palo-osastointi	23
7.1.4 Vedenpoisto ja kattokaivot	24
7.1.6 Vedeneristys sekä liikuntasaumamat	27
7.1.5 Viherkaton käyttöikä	28
7.1.6 Istutusaltaat	28
7.1.7 Kasvillisuus	29
7.1.8 Henkilösuojaus	30
7.1.9 Viherkaton toteutus vanhaan rakenteeseen	30
8 RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA	31
8.1 Lämpö ja kosteus	31
8.2 Rakenne-esimerkki	34
9 KUSTANNUKSET, RAKENTAMINEN SEKÄ HUOLTO	36
9.1 Rakentaminen	36
9.2 Huolto	36
9.3 Hinta	37
10 VIHHERKATTOJEN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT	40
11 PÄÄTELMÄT	41
KUVAT	42
LÄHTEET	43

1 JOHDANTO

Ekologinen rakentaminen ja ympäristön huomioon ottaminen rakentamisessa ovat kovassa nousussa. ”Kestävä kehitys” on se sanapari, jota käytetään yleisesti ja jonka ympärille asioita rakennetaan. Itse rakentamisessa muutoksia on tehty jo useamman vuoden ajan. Kuitenkin näinä päivinä muutoksen tahti on ollut keskimääräistä nopeampaa. Tämä muutos keskittyy kuitenkin pääosin rakenteiden lämmöneristävyyteen, ilmantiiveyteen ja materiavalintoihin.

Länsimainen kulttuuri, talous ja jopa yhteiskunnalliset tavoitteet ajavat ihmisiä yhä tiiviimmin rakennettuihin kaupunkirakenteisiin, sillä eläminen kaupungissa on energiatehokasta ja ekologista. Tiivis kaupunkirakentaminen tuo kuitenkin myös ongelmia: korkean pienhiukkaspitoisuuden ilmaa, lämpösaarekkeet, suuret hulevesimäärät, luonnollisen maiseman katoaminen sekä vihreyden puutteen tuomat henkinen pahoinvointi. Näistä ongelmista kärsii suuri joukko ihmisiä.

On tutkimusaineistoa vihreyden ja luonnonläheisyyden vaikuttavista tekijöistä ihmisen mielialaan ja hyvinvointiin. Kasvillisuuden puute ja luonnon näkymättömyys arkisessa elämässä aiheuttaa stressiä, pahoinvointia ja jopa hoitoa vaativia sairauksia. Näin todetaan esimerkiksi amerikkalaisessa HHH-tutkimuksessa (*human issues in horticulture*). (1.)

Näihin ongelmiin on lähdetty maailmanlaajuisesti etsimään ratkaisua. Yksi näistä on kattojen viherrakentaminen ja niiden käyttöönotto virkistysalueena. Katon viherrakentaminen keksintönä on satoja vuosia vanha, mutta nyt se on otettu uusiokäyttöön uudessa tarkoituksessa.

Vihreät katot ovat jo osa suurkaupunkien maisemointia ja arkkitehtuuria. Niistä säädetään asetuksia Euroopan suurkaupunkien korttelisuunnittelussa ja niille annetaan verohelpotuksia tonttia hankittaessa ja rakennusta rakennettaessa. Suomessakin on asiaan jo otettu ensiaskeleita, mutta teot ovat toistaiseksi jääneet puhe- ja suunnittelutasolle.

2 VIHHERKATTOJEN HISTORIAA

Ensimmäiset havainnot viherkatoista sijoittuvat luvulle 700 ekr. Babyloniin.

Silloin ne tunnettiin nimellä ”Babylonian riippuvat puutarhat” (kuva 1). Kuningas Nebukadnessar II rakennutti ne vaimolleen Amyitikselle. Syy tähän oli kuninkaan vaimon ikävä kotikaupunkiaan, jossa vihreät niityt kukoistivat.



Kuva 1 Babylonian viherkattoja 700 ekr

Myöhemmin Skandinaviassa viherkatot peitettiin läheisiltä niittyalueilta löytyvällä turpeella, joka toimi samalla eristeenä (kuva 2). Syy niittyturpeen käyttöön oli sen kasvillisuus, joka lyhyellä juuristollaan sitoi turpeen katolle ja esti sen valumisen kuitenkaan rikkomatta alusrakenteita. Kantavana rakenteena toimi yleisesti raskas puurakenne ja vettä eristävänä kerroksena tuohista ladottu kerros. Lopulta halvempi (helpompi), kevyempi ja kehittyneempi tekniikka syrjäytti turvekattojen käytön Skandinaviassa.



Kuva 2 Skandinavisia viherkattoja Tanskassa

Vuoteen 1970 asti viherkattoja pidettiin ylellisten kotien visuaalisina mukavuuksina. Samana vuonna professori Hans Luz, saksalainen maisema-arkkitehti ehdottaa viherkattojen käyttöä parantamaan kaupunkiympäristön laatua ja viihtyvyyttä.

Ennen vuotta 1970 Euroopan kaupunkien viherkattorakentaminen koostui katoille istutettuihin potteihin, seinillä kiipeileviin köynnöksiin ja maanalaisten autotallien ja kellarien kasveilla peitettuihin päällisiin.

1977 perustettiin Saksaan FFL, saksalaista maisemaa ja maisemarakentamista kehittävä organisaatio, joka aloitti viralliset tutkimukset viherkaton teknologiasta ja sen sovelluksista (Green roof technology and its applications). Tätä organisaatiota saamme pääosin kiittää tämän päivän tietotaidosta viherkattojen suhteen.

Samoihin aikoihin viherkattoja löytyi muutamista paikoista ympäri maailmaa. Esimerkiksi Rockefeller center New Yorkissa, joka rakennettiin vuonna 1937.

Siinä käytettiin ajatusta antaa rakennuksen asukkaille miellyttävä näkymä ympäröivällä vihreydellä. Toinen esimerkki on West georgia 1500 -rakennus Vancouverissa Kanadassa.

FFL yhteistyössä monien saksalaisten yliopistojen kanssa on selvittänyt ja kehittänyt viherkattoteknologiaa tähän päivään saakka ja on täten johdattaneet Saksan tämän päivän viherkattoteknologian huippuosaajaksi.

Tänä päivänä viherkattoteknologiaa pidetään tehokkaana ekologisena lähestymistapana viihtyisämmän ja vihreämmän kaupungin suunnittelussa. Viherkattoteknologia on jo osassa Eurooppaa otettu laajemmassa mittakaavassa käyttöön. Esimerkiksi Stuttgartissa edellytetään kaikkia tasakattoisia teollisuusrakennuksia käyttämään viherkattoteknologiaa.

Suomessa viherkattoteknologia ei suurta suosiota ole vielä saanut, mutta muutos muun Euroopan myötä on varmasti tulossa. Jo joillakin paikkakunnilla Ruotsissa myöntää rakennusvirasto enemmän rakennuslupaa tontille, mikäli katolla käytetään viherkattoteknologiaa. (2; 3.)

3 VIHHERKATTOJA KOSKEVAA LAINSÄÄDÄNTÖÄ

Muutamissa paikoissa maailmalla on jo otettu isoja askeleita viherkattojen suhteen. Muun muassa Washingtonissa (USA) ja Saksassa katon viherkasvattajille tarjotaan verohelpotuksia ja erilaisia investointitukia. Tokiossa ja Chicagossa kattoja pyritään päällystämään elävällä katteella siihen velvoittavan lain voimalla. Pohjoismaista Ruotsi on edelläkävijä. Osassa kaupunkeja tarjotaan suurempaa rakennusoikeutta tontille ja Saksan tavoin kevyitä verohelpotuksia. (4.)

Suomessa ei viherkattorakenteelle ole minkäänlaisia velvoitteita eikä sellaisen rakentamisesta saa minkäänlaisia verollisia tai rakennusteknillisiä etuja. Tämä saattaa olla yhtenä syynä viherkattojen heikkoon kysyntään Suomessa. Ihmis-

ten huoli omasta ympäristöstä voi kuitenkin vauhdittaa viherkattorakentamisen velvoitteita myös Suomessa.

Tietoa ja taitoa viherkaton rakentamiseen on. RT-kortisto tarjoaa viherkaton suunnitteluun ja rakentamiseen hyvin yksityiskohtaisen ohjekortin, kansi- ja kat-topuutarhat sekä viherkatot, RT 85-10709. Viherkaton rakentaminen on siis tilaajan valittavissa, mutta usein sen lisäämät rakennuskustannukset eivät siihen innoita. Uusien päästövähennyksien ja kaupunki-ilmaston parannusvaatimusten tiukentuminen vuosi vuodelta voi hyvinkin pian velvoittaa viherkattojen rakentamiseen myös Suomessa.

4 VIHERRAKENTEILLA SAAVUTETTAVAT EDUT

Viherkaton tuomista eduista on käyty paljon keskustelua. Vaikka viherkaton rakentaminen ei ole erityisen halpaa, luovat saavutettavat edut siitä yleensä jopa taloudellisesti kannattavan investoinnin. Tutkimustyötä viherkaton tuomista eduista on tehty Euroopassa jo paljon niin yksityisen tahon kuin valtiollisin voimin. Myös Suomessa julkaistut viherkaton rakennusohjeet ja kortit on luotu eurooppalaisen tutkimuksen pohjalta. Näistä tutkimuksista ja artikkeleista usein esiin nousee samoja etuja, muun muassa lämmön lisäeristys, hulevesien luonnollinen suodatus, kattorakenteen pidempi käyttöikä, ekologisuus, visuaalisuus ja jopa terveys. (5.)

Turpeen hyvän lämmöneristyskyvyn ansiosta toimii viherkatto hyvin pienenä lisänä yläpohjan lämmöneristystä. Kuitenkin suhteessa lämmöneristys on vähäistä Suomen jo tiukkojen eristevaatimusten vuoksi. Katon turvekerroksen paksuutta kasvatettaessa tai katon rakentaminen vanhaan huonosti lämmöneristettyyn esimerkiksi varastohalliin voi lämmöneristyksen osuus nousta yllättävän suureksi. Jos huoneistoa jäähdytetään kesällä, toimii viherkatto kylmäeristeenä. (6.)

Usein katolle sijoitettujen ilmastointilaitteiden ilmanottoaukot sijaitsevat myös katolla. Täten sisälle ohjattava raitisilma imetään kattopinnan läheisyydestä. Suomessa yleisesti käytössä oleva musta bitumikermi kuumenee auringonpaisteissa ja lämmittää ilmaa kattopintojen läheisyydessä. Tällöin kesäaikaan sisälle johdettavan ilman lämpötila voi olla useamman asteen korkeampi kuin ilman lämpötila häiritsemättömässä tilassa. Viherrakennetussa katossa ei tällaista ilman lämpenemistä pääse tapahtumaan. Viherkaton auringon tuottaman lämmön vaimennuskerroin vaihtelee viherkaton kosteuspitoisuuden mukaan. Viherkatto myös absorboi tehokkaasti ääniä, joten esimerkiksi ilmastointilaitteiden ja lentoliikenteen aiheuttama melutaso jää pienemmäksi koko alueella.

Hulevesien luonnollinen suodatus kuuluu oleellisiin saavutettaviin etuihin. Jo kauan on tiedetty hulevesien nopean vesistöön johtamisen aiheuttavan ongelmia etenkin matalissa makean veden vesistöissä, mutta vasta viime vuosina on asiaan kiinnitetty enemmän huomiota. Viherkatto tarjoaa tähän oivan ratkaisun katolta tulevien hulevesien suhteen.

Visuaalisuus ja sen mukana tuomat terveysvaikutukset ovat kasvavassa roolissa viherkattojen eduista puhuttaessa. Kaupunkiyhteisöjen kasvaessa jäävät viheralueet yhä massiivisempien rakennelmien varjoon. Kuitenkin jo pieni vilahdus elävästä kasvusta kivikeskuksien keskellä keventää näkymää ja parantaa henkistä hyvinvointia ja jopa fyysinen terveydentila voi paremmin. (6; 1.)

Kaupunkien laajentuessa viljelytilat niin sanotuilta ”siirtolapuutarhoilta” tulevat vähenemään, tai ainakin matkat niiltä kaupunkikeskuksiin pitenevät. Turvekerroksen paksuutta kasvatettaessa mahdollisuudet eri kasvilajien kasvatukseen lisääntyvät. Tällöin voidaan katto ottaa käyttöön viljelytarkoituksessa. (6.)

Oikein tehtynä viherkaton käyttöiäksi luvataan vähintään 50 vuotta. (Icopal, Iso-la, Protan). Valittaessa vihermateriaaliksi huoltovapaa kasvusto on katto erittäin kilpailukykyinen käytöltään ja huoltovapaudeltaan moniin muihin kattomateriaaleihin verrattaessa.

4.1 Hulevesien suodatus ja imeytys

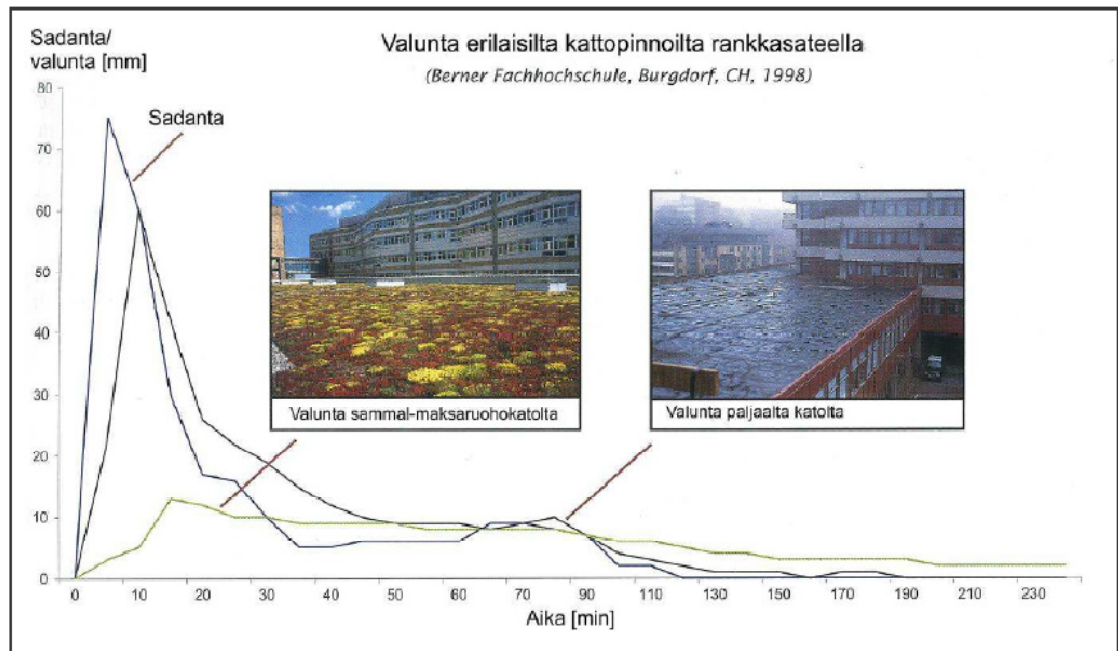
Suomen olosuhteisiin soveltuvia menetelmäkohtaisia mitoitushojeita hulevesien luonnonmukaisille hallintamenetelmille ei ole toistaiseksi laadittu. Ulkomaisissa käsikirjoissa on esitetty mitoitushojeita, mutta niitä ei voi suoraan käyttää Suomessa johtuen muun muassa huomattavista eroista sademäärissä ja sateen rankkuudessa. Yhtenäisten mitoitushojien puuttuessa hulevesien luonnonmukaiset hallintamenetelmät on syytä mitoittaa samoin periaattein kuin sadevesiviemäröinti. Koska hulevesien luonnonmukaisilla hallintamenetelmillä pyritään kokonaan tai osittain korvaamaan sadevesiviemäröinti, tulisi ne mitoittaa siten, että niillä pystytään johtamaan ja käsittelemään vähintään se vesimäärä kuin sadevesiviemäreilläkin. (7.)

Suomessa on infrastruktuurisesti aloitettu kehittämään hulevesimassojen käsittelyä sekä viivyttämällä että suodattamalla niitä paikanpäällä ennen niiden johtamista lähivesistöihin. Tämä johtuu siitä, että suoraan kaupungeista viemäreiden avulla vesistöön johdettu vesi sisältää runsaasti vesistöjä kuormittavia haitta-aineita. Suurimmat ongelmat aiheuttaa korkea typpi- ja fosforipitoisuus, jotka rehevöittävät voimakkaasti matalia vesialueita. Vesisateiden mukana huuhtoutuvat suolat aiheuttavat shokkitiloja vesistöjen eliöille. Suolan on myös havaittu edistävän raskasmetallien liikkeellelähtöä. Runsas hulevesimäärä huuhtoo ne vesistöihin, jota kautta on suuri riski niiden joutumisesta ruokapöytään. (7.)

Kaupunkirakenteen tiivistyessä viheralueiden kokonaispinta-ala pienenee ja rakennetun pinnan osuus kaupunkien maa-alasta kasvaa. Tämä tarkoittaa myös huomattavaa lisääystä käsiteltävien vesimassojen määrässä. Kattojen osuus kaupunkikeskustien kokonaispintalasta vaihtelee kaupunkikohtaisesti 15:sta jopa 40 prosenttiin. Tämä tarkoittaa mahdollisuutta vähentää viemäriin johdettua huleveden määrää samassa suhteessa. Jo valmiiksi kapasiteetiltaan ylirasitettujen vanhojen viemärien osalta tämä vaikutus olisi merkittävä. (7; 13.)

Viherkaton osalta huleveden paikallinen suodatus tarkoittaa sadeveden imeyttämistä kattorakenteen turpeeseen, josta kasvillisuus ottaa sen käyttöön ravin-

toaineineen. Laaja-alaisella kattokasvillisuudella pystytään tutkimusten mukaan vähentämään katoilta tulevien hulevesien vuotuista määrää noin 50 % ja viivyttämään tehokkaasti myös erittäin rankkojen sateiden aiheuttamaa virtaamaa. Katso kuva 3. (RIL 124-2-2004). (6; 13.)



Kuva 3 Viherkatolla ja paljaalla katolla syntyvä hulevesivalunta (6.)

4.2 Viherkaton visuaalisuus ja terveysvaikutukset

Jo kauan on tiedetty luonnon ja vihreyden terapeuttisista vaikutuksista ihmisen hyvinvointiin. Ennen kuin psykologiasta tuli tiedeala, määrättiin mieli- ja hermostosairaita ihmisiä puutarhan hoitoon. Ensimmäiset kirjoitukset viheriön mielen-terveydellisestä parantavasta vaikutuksesta tulevat vuosisatojen takaa. Vuonna 1768 Englannissa Benjamin Rush kertoo tutkimuksessaan puutarhanhoidolla olleen parantavia vaikutuksia henkisesti sairaiden ihmisten hoidossa. Vuonna 1806 Espanjassa luodaan maa- ja puutarhataloustöitä sekä puistikkoja ja niiden hoitamistöitä mielisairaaloiden yhteyteen yhtenä hoitotoimenpiteenä. Samalla vuosisadalla alettiin tutkia ihmismieltä ja sen yhteyttä kasvillisuuteen. Nykyään

on jo tarkempaa tutkimustietoa kasvillisuuden läsnäolon rauhoittavasta vaikutuksesta. (8.)



katolle (6.)

Viherkatto luo kaupungin keskelle vaikutelmaa vihreämmästä ympäristöstä ja on hyvin suunniteltuna ja toteutettuna visuaalisesti sekä arkkitehtuurillisesti hyvin kaunis. Katon kasvustovalinnoilla voidaan vaikuttaa niin katon väriytykseen kuin muodolliseen ulkonäköön. Viherkaton visuaalisesti suurin etu on katon ”elävyys”. Sävyt ja muoto vaihtelevat vuodenaikojen mukaan. (6.)

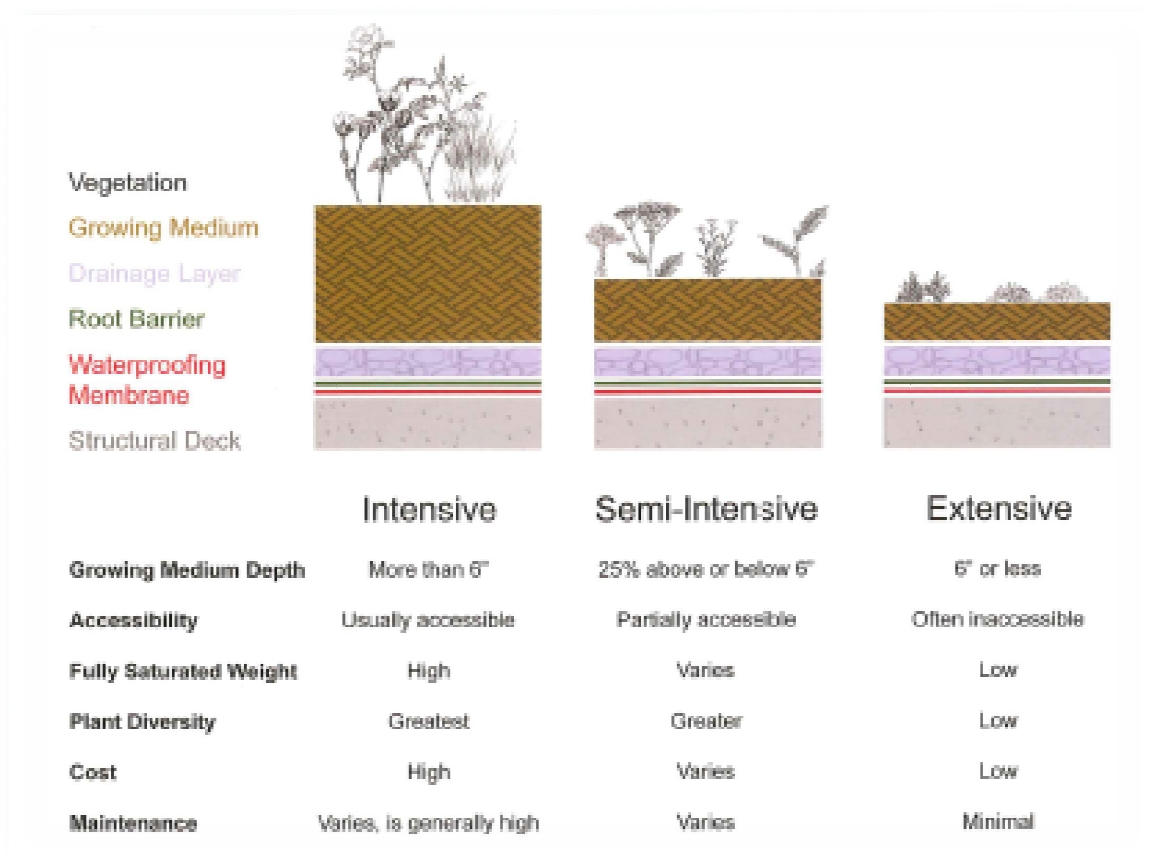
5 VIHHERKATON RISKIT

Täysin riskitön viherkatto ei kuitenkaan ole. Vakavimmat ongelmat voivat syntyä vedeneristysten epäonnistumisen takia. Koska katolle tulevan veden virtausnopeutta hidastetaan, on riski veden joutumisesta rakenteisiin vedeneristyksessä olevien virheiden kautta suuri. Mahdolliset rakennusvaiheessa tulleet vauriot

peittyvät kokonaan, joten visuaalisesti päältä tarkastettaessa eivät virheet tule esiin. Viherkatto myös pitää alusrakenteen suurimman osan ajasta kosteana. Tämä luo vaaran kosteuden siirtymisestä rakennuksen eri rakenteisiin pienimmänkin reiän kautta kuitenkin aiheuttamatta selkeää vuotokohtaa. Kuitenkin viherrakenteet suojaavat kattoa ulkoisilta vahingonaiheuttajilta esimerkiksi auringon UV-säteilyltä. Riskiin vaikuttaa myös alusrakenteen rakenne. Betoniset alusrakenteet eivät ole niin herkkiä kosteuden aiheuttamille home- tai lahovaurioille. Toisaalta, jos alusrakenne on hyvin tuulettuva ja eristeenä toimii kosteutta vastaanottava ja luovuttava hygroskooppinen materiaali, esimerkiksi puukuitupohjaiset eristemateriaalit, rakenne pääsee kuvamaan kuivien jaksojen aikana. Kuitenkin katto on aina riskialtis rakenne eikä virheisiin ole varaa perinteisessäkään kattorakenteessa. (6.)

6 LUOKITTELU

Kansainvälisesti viherkattorakenteet jaetaan kolmeen eri luokkaan, intensive, semi-intensive sekä extensive (kattopuutarha, helppohoitoinen kattopuutarha ja luonnonmukainen viherkatto). Luokittelu tehdään rakenteen vaativuuden sekä hoitovelvollisuuksien mukaan. Alusrakenne pysyy kaikissa luokissa lähes sama. Vain turvekerroksen paksuus vaihtelee. Kasvillisuutta valittaessa mahdollisuudet lisääntyvät turvekerrosta kasvatettaessa (kuva 5).



6.)

6.1 Extensive

Helppohoitoinen viherkatto (kuva 6). Tämä kattotyyppi valitaan usein suuriin kattopinta-aloihin sekä korjauskohteisiin sen kevyestä painosta, alhaisten kustannusten että vähäisten huollontarpeen ansiosta. Koska kasvatusalusta halutaan mahdollisimman ohueksi ja kevyeksi, on kasvun takaamiseksi turveseoksesta tehtävä erityislaatuinen. Turve imee itseensä nopeasti kosteutta, mutta luovuttaa sen myös pois nopeasti.



Tätä pyritään hidastamaan lisäämällä turpeeseen erilaisia vettä pidättäviä kevyitä mineraalipohjaisia aineksia esimerkiksi murskattua tiiltä, kevytsora (light expanded clay), vulgaanista kiveä, hohkakiveä, piimallasmaata, perliittiä tai revittyä kivivillaa. (6.)

Kasvukerroksen paksuus vaihtelee 5 – 15 cm välillä. Rakennepaino vaihtelee 25 – 100 kg/m² välillä, riippuen turveseoksen laadusta. Kasvillisuus kannattaa valita paikallisista hyvin kuivuutta kestävästä arokasveista. Tämä takaa kasvuston viihtyvyyden, helppohoitoisuuden ja elinvoimaisuuden koko sen elinkaaren ajan. (9.)

Kasvillisuus voidaan viedä katolle esikasvatettuna mattona tai kylvää siemenpohjaisesti. Esikasvatettu matto tuo heti valmistuttua sen näkemän katolle, jonka viherkatto luo. Viljelyä käytettäessä on viherkattorakennetta kasteltava ja huollettava vähintään yhden vuoden ajan. Siemennettäessä on ensimmäisenä kasvukautena kuivakausina syytä lisätä keinotekoista kastelua vahvan kasvu-alustan ja juuriverkoston luomiseksi. Tähän kattotyyppiin valitaan maksaruoho-, meritähti-, meriparta sekä sammallajikkeita. (6.)

6.2 Intensive

Intensive katot ovat puutarha ja puistotyyppisiä hyvinkin reheviä viljelmäkattoja (kuva 7). Rakennuksissa joihin valitaan tällainen kattorakenne, ovat katot yleensä jollain tavoin liikennöityjä tai niihin on esteetön pääsy rakennuksessa asioiville. Kattotyyppiä voidaan myös käyttää ruokatuotantoviljelyyn. Tämä kattotyyppi on hyvin raskasrakenteinen ja vaatii ympärivuotista huoltoa. Kasvukerroksen paksuus vaihtelee 20 – 130 cm välillä, jonka rakennepaino vaihtelee 200 – 1000 kg/m² välillä. Tämä tuo alapuolisille rakenteille jo merkittäviä kuormia. Myös rakentamiskustannukset kasvavat oleellisesti. (6; 10.)

Kasvillisuutta valittaessa tämä kattotyyppi antaa eniten mahdollisuuksia. Katolle voidaan valita vähäisemmän huollon ja kastelutarpeen omaavia lajikkeita joilla voidaan luoda puistomaista ja luonnonmukaista näkymää tai vaativia paljon juurtilaa vaativia jopa puustoja.



1 rakentamista (6.)

Katolla on myös mahdollista kasvattaa erilasia ruokatuotannossa käytettäviä kasviksia ja vihanneksia ns. siirtolapuutarhamenetelmällä. Fairmont Waterfront -hotelli Vancouverissa kerää omalta katoltaan asiakkaiden lautasille vihanneksia ja hedelmiä vuosittain 16 000 dollarin edestä. Valittaessa vaativia kuivamista kestävämpiä kasveja on keinotekoisien kastelujärjestelmien luominen lähes välttämätöntä. Tämä luo haasteita rakenneratkaisuille pohjoisissa maissa, joissa talvella rakenteiden jäätyminen huomioida. Monivuotisia kasveja viljeltäessä alueilla, jossa talvi, pakkanen ja lumi ovat jokavuotisia, ei juuristoa saa pitää liian lämpimänä. Tämä aiheuttaa kasville shokin ja kasvi voi pyrkiä kasvamaan talviaikaan. Tämän tapahtuessa kuolee kasvi lähes varmasti. Suositeltavia kasvilajikkeita on muun muassa alppiruusut, pelargonit, petuniat, kotipihlaja, nurmikko, ruusut, syreenit ja erilaiset yrtit ja vihannekset. (6; 11; 4.)

6.3 Semi-intensive

Semi-intensive kasvukerroksen rakenne on nimensä mukaisesti extensive ja intensive kasvualustan välimuoto (kuva 8). Kasvualustan paksuus vaihtelee 10 - 30 cm. Rakennepaino vaihtelee 50 – 400 kg/m² välillä. Tämä alusta mahdollistaa niittymäisen rakenteen, joka ei vaadi päivittäistä huoltoa. Mikäli alustana käytetään vettä pidättävää salaojajärjestelmää, ei kattoa välttämättä tarvitse kuivakauden aikana keinotekoisesti kastella. Kasvualustan suhteellisen ohut paksuus kuitenkin rajoittaa kasvuston valintaa oleellisesti. Runsaasti ravinteita vaativia kasveja kannattaa välttää. Tämä vaikuttaa katon huoltovapauteen oleellisesti. Mikäli kuitenkin halutaan valita paljon ravinteita vaativaa kasvustoa, on syytä tarkistaa katon vaatima alituinen veden ja lannoitteen määrä. (11.)



viherkatto Chicagon kaupungintalolta (6.)

Keinotekoisella kastelujärjestelmällä voidaan kuitenkin luoda monimuotoinen kasvusto ohuellekin kasvualustalle. On kuitenkin muistettava pakkasen aiheuttamat rajoitteet ja toiminnalliset sekä rakenteelliset haasteet. Tällaisia niittymäisiä alueita on käytetty esimerkiksi toimistorakennusten katoilla henkilökunnan virkistysalueina, kuten kuvassa 6 on tehty.

7 VIHHERKATTORAKENTEET

Viherkattorakennemalleja on monenlaisia riippuen siitä, onko kyseessä uudisrakennus vai saneerauskohde. Myös katon kaltevuudella on oma rakenteita määrittelevä merkitys. Perusrakenne kuitenkin kaikissa viherkatoissa on sama: kasvillisuus, kasvualusta, suodatinkangas, salaojitus, vesieristys sekä kantava rakenne. Rakenteessa voi olla pieniä eroavaisuuksia riippuen katon käyttötavan mukaan. Esimerkiksi vesieristystä suojaamaan voidaan asentaa mekaaninen suojakerros. Myös suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon rakenteen poikkeavuus perinteisestä kattomallista.

7.1 Viherkattorakenteen suunnittelu

Suunnittelun alkuvaiheessa on päätettävä, mitä tulevalta katolta halutaan. Toimiiko katto oleskelutilana, kattopuutarhana vai visuaalisuuden ja sadeveden vuoksi viheriöitävänä kattopintana. Haluttujen kasvien tyyppi määrää kasvukerros- sekä salaojituksen paksuuden. Kasvilajivalinnalle voi rajoittavana tekijänä olla vanhojen rakenteiden lisäkuormituksen kestävyys, joka tulee selvittää jo alkuvaiheessa. Uudiskohteissa viherrakenteen paino otetaan huomioon jo rakenteiden mitoituksessa. On huomioitava myös viherkaton hoito. Halutaanko viherkatosta luonnonmukainen extensive-katto, joka ei vaadi hoitoa, vai tullaanko viherkattoa hoitamaan säännöllisesti? Jos kattoa käytetäänkö oleskeluun, tulee kiinnittää huomiota vesieristeen sekä juurisuojamaton suojaamiseen mekaaniselta rasitukselta. Katolta poistettavan veden poisto on suunniteltava huolellisesti, jotta vältytään erinäisiltä kosteus ja vesi ongelmilta. Kasvivalintojen mukaan täytyy vedensaantimahdollisuus taata säännöllisesti hoidettaville viherkatoille. Viherkatolle on määritelty myös erinäiset palosuojausvaatimukset. Tuulikuormitukseen tulee kiinnittää huomiota, jos kattopinta on tuulen tarttumiselle herkässä kulmassa. On myös huomioitava katolle johtavat väylät, väyliä vaatimukset sekä turvavarustelu. Esimerkiksi oleskeluun tarkoitettulla katolla katto-kaiteiden tarpeellisuus on tarkasteltava. Kuten jo aiemmin on mainittu, vaikka turve toimii mainiosti lämmöneristeenä, ei turvekerrosta saa huomioida lasken-

nassa lämpöä eristävänä kerroksena. Tällöin kasvien juuristo ei lämpene ja talvehtimismahdollisuudet ovat paremmat. (9; 11.)

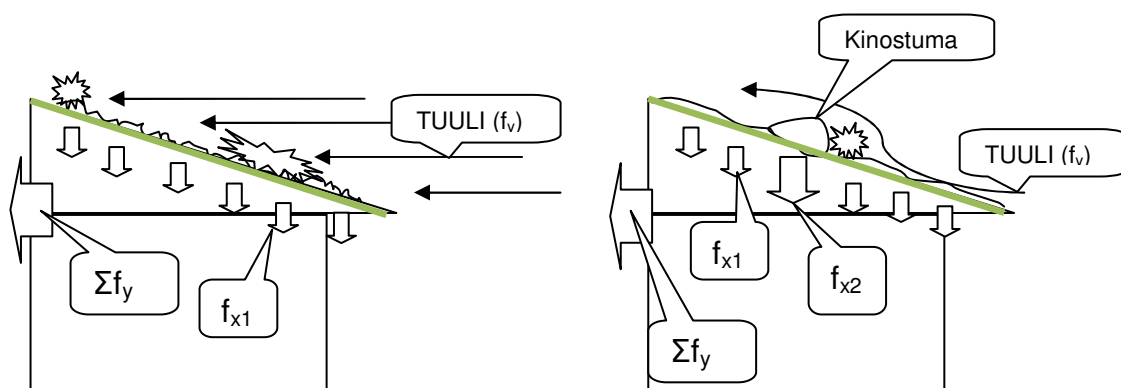
7.1.1 Katon kuormitukset

Katolle tuleva pystykuormitus ei laskennallisesti ole vaativa. Rakenteen painosta syntyvä pystykuormat lasketaan rakennekerroksista syntyvän maksimikuorman avulla. Kasvukerroksen turveseoksen painoksi voidaan olettaa 700 kg/m³(noin 7 kN/m³). Tässä oletuksessa kasvukerros on täysin vedellä kyllästyssä tilassa sisältäen mineraalipohjaisia ainesosia. Kuormituksen laskentaa helpottamaan on luotu myös valmiiksi laskettuja taulukkomalleja kuten kuvassa 9. Näiden kuormitusarvot saattaa kuitenkin vaihdella hieman laatijan mukaan.

Kattotyypit	Luonnonmukainen viherkatto		Helppohoitoinen kattopuutarha		Kattopuutarha	
	Korkeus, mm	Paino kg/m ²	Korkeus, mm	Paino kg/m ²	Korkeus, mm	Paino kg/m ²
Kasvit		5		5 - 10		5 - 60
Kattomulta	30 - 100	25 - 80	70 - 500	60 - 400	150 - 900	120 - 720
Salaoja	30 - 50	25	30 - 100	25 - 50	50 - 200	25 - 100
Mekaaninen suoja			10 - 30	5 - 80	10 - 30	5 - 80
Vesieristys	10	10	10	10	10	10
Yhteensä	70 - 160	65 - 120	120 - 640	100 - 550	220 - 1140	165 - 970

Kuva 9 Kuormitustaulukko (9.)

Tuulenpaineesta aiheutuva vaakavoima määritetään Eurokoodi 1991-4-1-1 tuulikuormituksen mukaan. Laajoissa kaltevissa kattopinnoissa on kuitenkin syytä huomioida viherkaton aiheuttama huomattava kitka. Pinnan kitkakerroin C_{fr} määritetään taulukosta 7.10. Eurokoodi ei tunne viherkattoa laskentamenetelmässään, mutta suunnittelijan on syytä huomioida ilmiö. Etenkin jos katolle istutetaan pensas- tai puulajikkeita, voi vaakakuormituksiin tulla jo merkittäviä lisäkuormia. (12.)



Kuva 10 Tuulen ja lumen käyttäytyminen viherkatolla

Pinta	Kitkakerroin c_{fr}
Sileä (eli teräs, sileä betoni)	0,01
Karhea (eli karhea betoni, bitumihuopa)	0,02
hyvin karhea (eli aalto-, ripa- tai poimuprofilointi)	0,04

Taulukko 7.10 Kitkakertoimet c_{fr} seinille, kaiteille ja kattopinnoille

Kuva 11 Kitkakerrointaulukko (9.)

Talvella tuulen mukana kuljettava lumi voi kinostua herkemmin kattopinnoille (kuva 10, oikean puoleinen tapaus) kasvillisuusvalintojen mukaan. Korkeat heinät ja pensaslajit aiheuttavat enemmän ilman pyörteilyä kuin tasainen profiloitu pelti tai bitumikermi. Tämä voi aiheuttaa lumen epätasaista kinostumista ja sekä kuormien epätasaista jakautumista. Tämä ilmiö on syytä huomioida lujuuslaskennassa laajoja kattopintoja viheriöittäessä. (10.)

7.1.2 Kattokaltevuus

Viherkaton toimivuuden kannalta katon kaltevuudella on todella suuri merkitys. Katon kaltevuus vaikuttaa olennaisesti turvekerroksen paksuuteen, vedenpoistoon sekä koko rakenteen paikalla pysyvyyteen. Katon riittävä kaltevuus varmistaa veden riittävän virtausnopeuden ja täten luo kasvillisuudelle hyvän kasvu-

ympäristön. Vähimmäiskaltevuudeksi viherkatolle annetaan 1:50 (2 %). Tätä loivemmille katoille ei suositella tehtäväksi mitään vettä hidastavia kasvustorakenteita. Eri tuotevalmistajat antavat ohjeistavaa tietoa eri kaltevuusasteisille katoille ja niiden viherrakenteiden kiinnitystarpeille:

1:50 – 1:20 (2 – 5 %)

Pienin suositeltava kaltevuus vedenpoiston kannalta. Rakenteet pysyvät hyvin paikallaan.

1:20 – 1:3 (5 – 33 %)

Veden virtaus on nopeampaa ja se on syytä ottaa huomioon mitoitettaessa turve ja salaojakerrosta. Rakenteet pysyy hyvin paikallaan normaaliolosuhteissa.

1:3 – 1:2 (33 – 50 %)

Viherrakenteen paikallaan pysyminen varmistettava mekaanisin kiinnityksin.

1:2 – 1:1 (50 – 100 %)

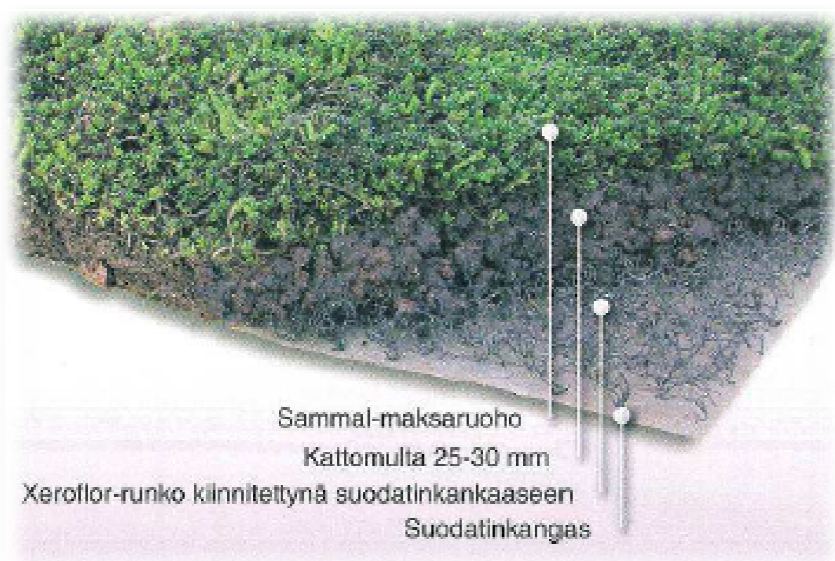
Viherkaton toimivuuteen sekä paikallaan pysyvyyteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Myös kasvusto on valittava siten, että se kestää jään ja lumen aiheuttaman rasituksen.

1:1 (> 100 %)

Viherkaton rakentaminen mahdollista, mutta riskit rakenteiden vahingoittumiseen kasvavat. Myös toteutus on kallista. (10.)

7.1.3 Katon palo-osastointi

Kuvassa 7 esitettyä sammalmaksaruohokatetta (kuva 12) on tutkittu Ruotsissa. Tutkimuksen mukaan kasvillisuus täyttää ns. T-luokan vaatimukset. Toisin sanoen, ilmasta katolle putoava palopesäke ei leviä. (13.)

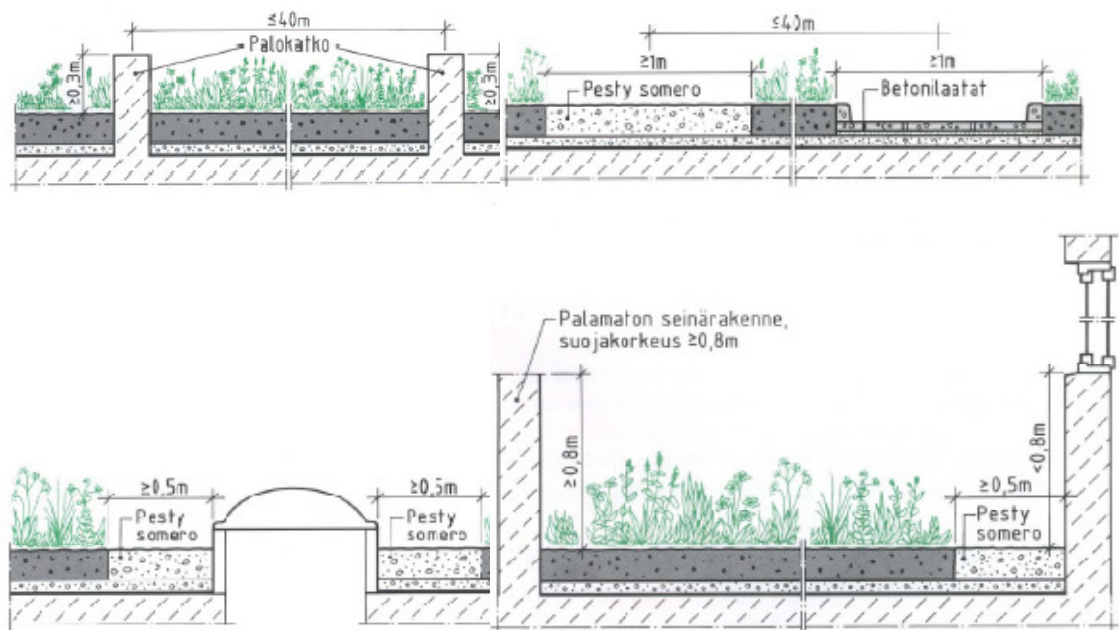


suusmaton yksityiskohtia (13.)

Suunnitteluvaiheessa on syytä keskustella kattopuutarhan ja viherkaton palo-alueista ja suojaetäisyyksistä paikallisen rakennusvalvonnan ja paloviranomaisen kanssa. Palo-osastoinnit määritellään tapauskohtaisesti. Viherkatto ei anna erityisiä vapautuksia tai vaatimuksia mistään paloturvallisuusmääräyksistä vaan suunnittelu tehdään rakentamismääräyskokoelma E1 mukaan.

Kattoikkunoiden ympärille on hyvä tehdä vähintään 500 mm leveä suojakaista somerosta. Palokatkoista on ohjeita Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet 1997 ja ympäristöoppaassa Rakennusten paloturvallisuus & Paloturvallisuus korjausrakentamisessa. (14)

Suuret viherkattoalueet jaetaan korkeintaan 40 m:n paloalueisiin palokatkoilla. Palokatkot voidaan vaihtoehtoisesti tehdä rakenteesta ylös nousevalla seinämällä tai vähintään 1m:n levyisillä somerokaistoilla tai betonilaatoituksella. Kattoikkunoiden ympärille on tehtävä vähintään 0,5 m:n suojakaista somerosta. Palavat seinärakenteet, kuten ikkuna-aukot on erotettava viherkatosta vähintään 0,5 m:n somerokaistalla. Katso kuva 13. (13; 14; 9.)



Kuva 7: Palokatkorakenteita. (Rt 85-10709, LÄHDE 13)

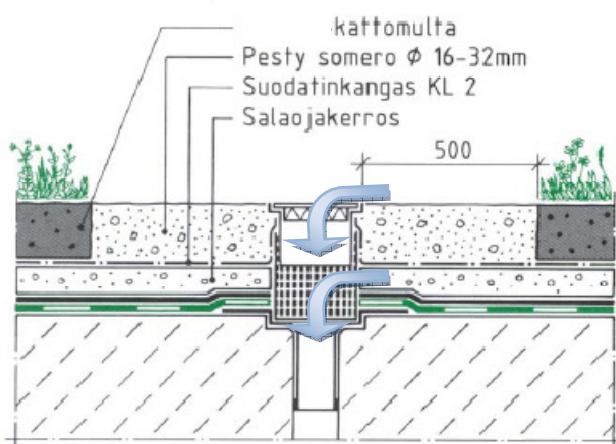
Kuva 13 Viherkattorakenteen palokatkoja (14.)

7.1.4 Vedenpoisto ja kattokaivot

Viherkaton vedenpoisto järjestetään kasvukerroksen alla kulkevalla salaojakerroksella siten, että kattorakenteille ei aiheudu seisovasta vedestä ylikuormitusta eikä liika veden seisominen vahingoita kasvustoa. Salaojakerroksen ja kasvualustan väliin tulee aina asentaa suodatinkerros, joka estää kasvukerroksesta hienojakoisen maa-aineksen pääsyn salaojajärjestelmään ja tukkimaan vedenpoistojärjestelmää.

Viherkaton kattopinnan kaltevuus vaikuttaa sekä salaojakerroksen vahvuuteen että kattokaivojen sijoitukseen niin, että veden virtausmatka ei kasva liian suureksi. Kattokaltevuuden loivetessa joudutaan kaivoja sijoittamaan tiheämmin. Kattoalan ollessa suuri ja kaltevuus pieni poistetaan vesi yleensä sisäisesti. Kattokaltevuuden jyrketessä voidaan vesi poistaa räystäään kautta.

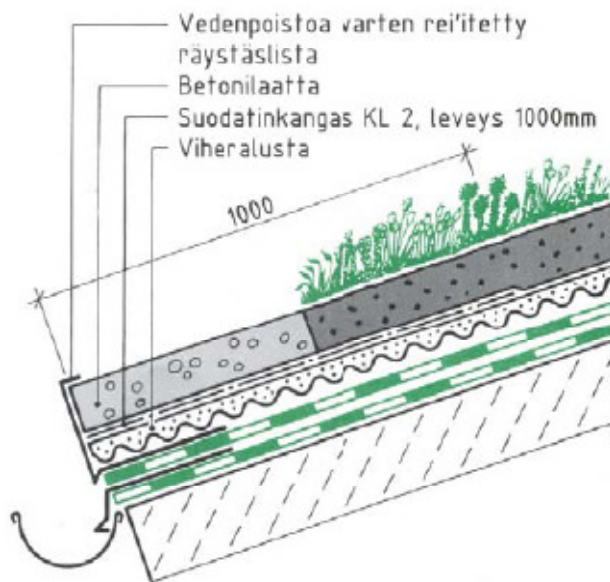
Sisäisessä vedenpoistossa on syytä kiinnittää huomiota kattokaivon toimintaan viherrakenteen yhteydessä. Kaivon on kyettävä poistamaan vesi niin rakenteen pinnalta kuin salaojakerroksestakin. Koska kasvualusta sisältää paljon hienoaainesta, on kaivon ympäryys suojattava 0,5 m:n matkalta karkealla aineksella esimerkiksi pestyllä somerolla. Katso kuva 14. Kaikille sisäisellä vedenpoistolla varustetuille katoille olisi syytä olla vähintään yksi ulosheittäjä. Ulosheittäjän tehtävä on johtaa vesi kattokaivon tukkeutuessa katolta seinärakenteen ulkopuolelle, havaittavaan kohtaan. (13; 14; 9.)



Kuva 14 Viherkaton kattokaivon toiminta

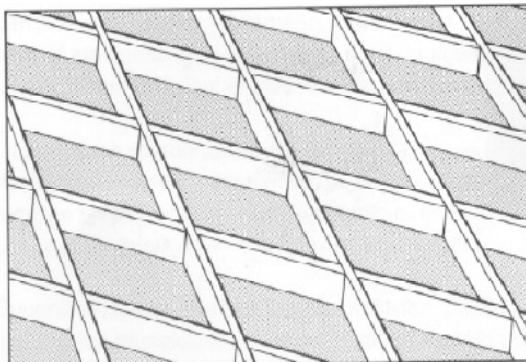
Veden poistaminen räystäään kautta tapahtuu kuten tavallisessa kattorakenteessa. Koska katon kaltevuus on suurempi, on veden aiheuttama eroosio etenkin reuna-alueilla huomioitava. Käytettäessä valmiita kasvumattoja ei eroosio normaalisti pääse vahingoittamaan viherrakennetta katon keskiosissa. Veden pautoutumista ja sen aiheuttamaa vahinkoa voidaan välttää käyttämällä voimakkailla virtausalueilla ei eroosioherkkää materiaalia, esimerkiksi betonilaattaa.

Katso kuva 15. Betonilaatta tukee viherrakenteen reunaa ja estää sen valumisen veden mukana. Kuitenkin vesi pääsee jouhevasti vedenpoistojärjestelmään.



Kuva 15 Räystäsesimerkki harjakatolle (14.)

Kun viherkatto rakennetaan harjakatolle, jonka kaltevuus on alle 1:3, rakenteet voidaan suunnitella normaaliin tapaan ilman erityisiä sidemenetelmiä. Tätä jyrkemmällä katoilla on kuitenkin syytä pyrkiä estämään turvekerrosten valuminen. Tähän voidaan käyttämällä ristimuovikennostoja, lautakehikkoja tai vastaavia rakenteita. Katso kuva 16. (9; 10.)



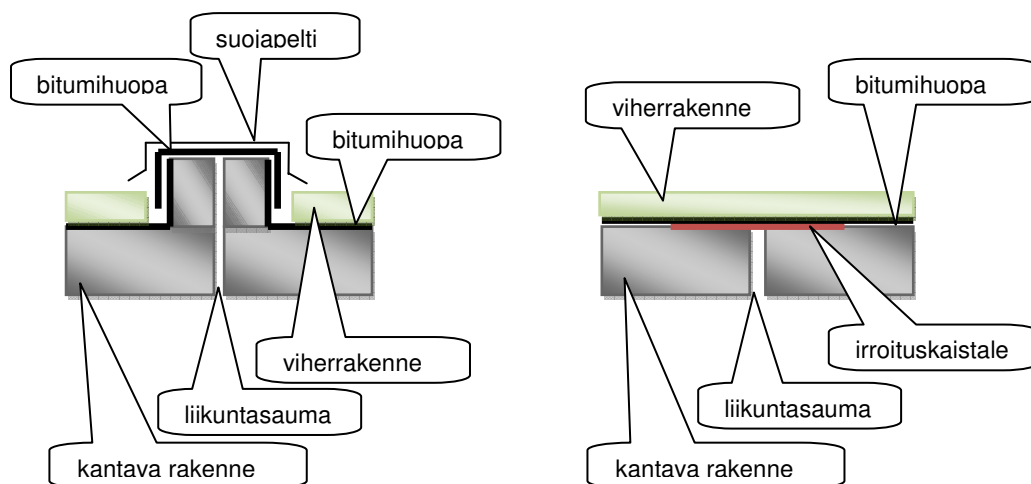
Kuva 16 Turpeensidontakennosto (9.)

Kennosto asennetaan salaojakerroksen päälle siten, että ylimääräinen vesi pääsee vapaasti virtaamaan kennorakenteen ali. Mikäli kattokaltevuus ylittää reilusti 33 % kaltevuuden, on kennosto syytä sitoa kattorakenteisiin siten, ettei se pääse vapaasti luistamaan salaojakerroksen päällä. (14.)

7.1.6 Vedeneristys sekä liikuntasaumamat

Vedeneristystä suunniteltaessa on hyvä ottaa huomioon eristyksen mahdollisen korjaustarpeen vaativa toteuttaminen. On siis syytä käyttää tarpeeksi korkeaa vedeneristysluokkaa. Extensive-kattorakenteissa korjaavat toimenpiteet on helppo suorittaa ohuen turvekerroksen ansiosta. Tämä ei vaadi erityisiä toimenpiteitä vesieristyksen suhteen. Tällöin suositeltava käyttöluokka on VE20 – VE40. Kun kasvukerrosvahvuutta kasvatetaan ja mahdollinen korjaus vaikeutuu, on syytä käyttää vedeneristysluokkaa VE80 tai VE80r. Vedeneristysluokat sekä niiden selitykset ovat RT kortissa 85-10461.

Mikäli rakenteessa on liikuntasäuma, on vedeneristykseen tehtävä rakennuksen mahdolliset liikkeet salliva kaistale (kuva 17). Tämä sallii liikkeen rakenteissa rikkomatta vedeneristettä. Kasvukerros ei vaadi erityisiä toimenpiteitä liikuntasäumojen suhteen.



Kuva 17 Huopakatteen liikuntasäumäesimerkkejä

7.1.5 Viherkaton käyttöikä

Katon käyttöiälle annetaan monia arvioita. Tutkijan tai palveluja tarjoavan yrityksen mukaan käyttöiän arviot vaihtelevat 40 ja 100 vuoden käyttöiän välillä. Suomalaisista viherkattoja tarjoavista yrityksistä yksi suurimmista lupaa katolle yli 50 vuoden käyttöiän. Saksassa tehdyssä elinkaarianalyysissä viherkaton käyttöiäksi määriteltiin vähintään 40 vuotta mutta kokemuksia on yli 100 vuotta vanhoista yhä toimivista viherkattorakenteista. Sveitsin Zürichissä seurataan yli 90 vuotta vanhaa viherkattoa ja sen kestävyyttä. Sen rakenne koostuu bitumieristeestä, 5 cm paksusta salaojakerroksesta sekä noin 20 cm paksusta kasvukerroksesta. 90 vuoden käytön jälkeen sen ei katsota tarvitsevan huoltotoimenpiteitä. Yhdysvalloissa Rockefeller centerin viherkattokattorakenteet rakennettiin 1930-luvulla ja katon katsotaan olevan hyvässä kunnossa. (18; 19.)

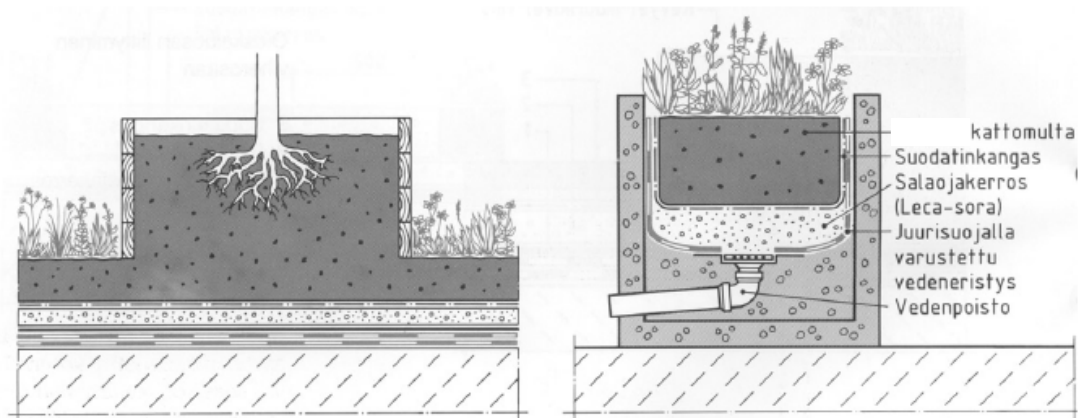
Kokemusten pohjalta voidaan bitumihupapohjaiselle katolle pohjoisissa olosuhteissa olettaa yli 50 vuoden käyttöikä. Koska vertailukatot ovat lämpimämmällä vyöhykkeellä, on syytä seurata vesieristeen kuntoa Suomessa aiheutuvan pakasrasituksen takia.

7.1.6 Istutusaltaat

Katolle suuria puita tai muuten paljon juuritilaa vaativia kasveja istutettaessa voidaan käyttää erillisiä altaita. Altaan pinta-ala ja syvyys valitaan joko kasvin vaatimuksien mukaan tai visuaalisuuden perusteella. On tärkeää muistaa, että allas aiheuttaa huomattavan pistekuorman alapuolisiin rakenteisiin. Jo yhden kuutiometrin kokoinen turvetäytteinen allas voi painaa yli 100 kN (noin 1000 kg). Lisäksi puun ollessa korkea aiheuttaa tuuli tarttuessaan puuhun kuormitukselle epäkeskisyyttä, joka puolestaan lisää kuormituksen vaikutusta pienentämällä vaikuttavaa pinta-alaa. (9; 14.)

Istutusaltaat suunnitellaan siten, että niissä on salaojitus, kalteva pohja sekä vedenpoisto. Altaaseen joutunut ylimääräinen vesi johdetaan suoraan salaojakerrokseen tai kattopinnan kautta kattokaivoon tai suoraan istutusaltaan alle

asennettavaan kattokaivoon. (Kuva 18). Istutusaltaita ei suositella eristettäväksi, koska eristetyssä altaassa kasvualustan jäätyminen hidastuu ja keväällä sulaminen hidastuu. Tämä voi aiheuttaa kasville talvehtimisongelmia. Rakennuksen lämpöä voidaan tarvittaessa hyödyntää alaiden sijoittelussa, mutta juuristo ei kestä useaan kertaan sulamista ja jäätymistä yhden talvikauden aikana. Istutettaessa korkeita puu- tai pensaslajikkeita on ne ankkuroitava kiinni ja tukea, jotta estetään tuulen aiheuttamat kaatumiset ja sen aiheuttamat vauriot. Ahtaissa tiloissa voidaan haluttaessa käyttää kevyitä, siirrettäviä alaita. Mikäli ne siirretään talvehtimaan erilliseen säilöön, voidaan niissä käyttää arempia Suomen olosuhteissa muuten selviämättömiä lajikkeita. (9; 14.)



Kuva 18 Istutusaltaiden tyypiesimerkkejä (9.)

7.1.7 Kasvillisuus

Kasvillisuuden valintaan kannattaa käyttää aikaa. Kaikki katon ominaisuudet, ulkonäkö sekä kasvillisuuden hyvinvointi perustuvat hyvään kasvituntemukseen ja oikeisiin valintoihin. Tähän kannattaa pyytää apua alan asiantuntijoilta, jotka tietävät kasvien ominaisuuksista ja kasvualustavaatimuksista. Kaikki kasvillisuus ei tule toimeen samanlaisella kasvualustalla ja vedentarvekin voi vaihdella

suuresti. Mikäli asiantuntevaa henkilöä ei ole käytettävissä, on RT-kortissa 85-10709 luettelo yleisimmistä katolla viihtyvistä puista, pensaista ja perennoista. Yleisin virhe kasvivalinnassa on, että valitaan paljon ravinteita vaativa kasvi köyhään ja liian ohueen kasvualustaan. (14.)

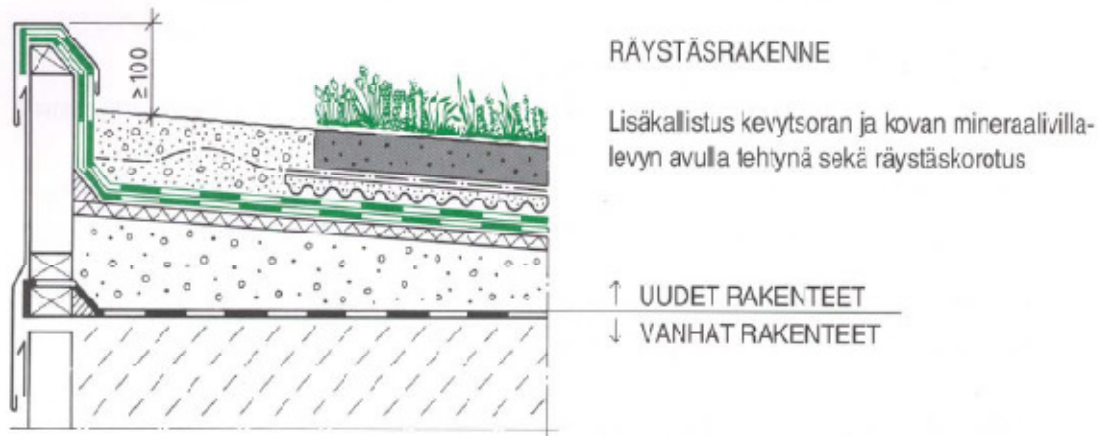
7.1.8 Henkilösuojaus

Kun katto suunnitellaan virkistys ja oleskelukäyttöön, on selvitettävä suojakaide-tarve. Kaiteet suunnitellaan rakentamismääräyskokoelma f1 mukaisesti eikä viherkatto aiheuta poikkeuksia suunnitteluun. Kaiteen kiinnitystä suunniteltaessa olisi syytä välttää tai pyrkiä välttämään läpivientejä vedeneristyskerroksen läpi vuotoriskin takia. Liikuntarajoitteisia sekä allergiaherkkiä henkilöitä on syytä muistuttaa viherkattojen sisäänkäyntien yhteydessä katolla mahdollisesti olevista liikuntaesteistä tai herkästi allergisoivista kasvilajikkeista. (10.)

7.1.9 Viherkaton toteutus vanhaan rakenteeseen

Toteutettaessa viherkatto vanhaan rakenteeseen on otettava huomioon vanhan rakenteen kunto ja viheriön toteutettavuus kyseiseen rakennukseen. On aina tarkistettava, että kuorma, jonka viherkatorakenne aiheuttaa, ei ylitä yhdessä muiden kuormien kanssa alapuolisten rakenteiden kantavuutta. Tämä yleensä määrää valittavan viherkattotyypin. Hyvin usein saneerauskohteissa käytetään extensive-rakennetta, jonka paino on vain 70 – 160 kg/m². Tämä kattotyyppi voidaan toteuttaa lähes jokaiseen tasakattoiseen rakennukseen. Mikäli katolla on kattosingeli, mahdollistaa tämä noin 30 kg/ m² lisäkuorman. (9; 10.)

On tärkeää, että vedenpoisto toimii hyvin. Tämä johtaa usein vanhan vedeneristysalustan korjaamiseen lisäkallistuksella. Myös kattokaivoja voidaan joutua lisäämään. Kasvien hyvinvoinnin takaamiseksi ja vuotoriskien välttämiseksi ei liika vesi saa jäädä seisomaan minnekään kattoalueelle. Lisäkallistus ja viherrakenteet johtavat siihen, että myös räystäsrakenteita voidaan joutua korottamaan. Katso kuva 19. (9; 10.)



Kuva 19 Räystään korotusesimerkki (10.)

Vanhan rakennukseen rakennettaessa on myös huomioitava mahdollinen asemakaavallinen tai muu byrokraattinen rajoitus. Yleensä tämä ei koske pelkkiä viherkattorakenteita ja rakentamiseen riittää pelkkä ilmoitusmenettely. Kuitenkin, jos kattoa käytetään oleskeluun, kannattaa asiasta ottaa yhteyttä paikalliseen viranomaiseen. (9;10.)

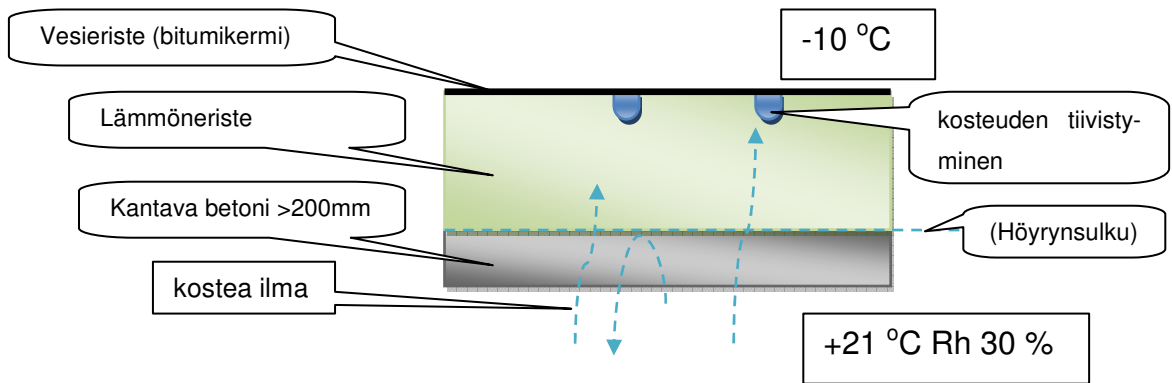
8 VIHHERKATON RAKENNUSFYSIKAALINEN TOIMINTA

Viherkaton rakenteessa rakennefysikaalinen toiminta voi muuttua oleellisestikin riippuen turvekerroksen paksuudesta sekä rakenteen tuulettuvuudesta. On otettava huomioon, että vesieristeenä toimivasta kerroksesta syntyy rakenteen väliin höyrynsulku. Tämä saattaa vaikuttaa rakenteen suunnitteluperiaatteeseen lämmön sekä kosteuden käyttäytymisen kannalta etenkin saneerauskohteissa.

8.1 Lämpö ja kosteus

Riski lämmön ja kosteuden yhteisvaikutuksesta rakenteessa syntyy veden kondensoitumisesta rakenteeseen. Kun kastepistelämpötila alittuu ilman kosteuden ollessa korkea, kondensoituu ylimääräinen vesi kylmiin pintoihin. Yläpohjarakenteessa tämä on joko höyrynsulkukerros tai vesieristekerros.

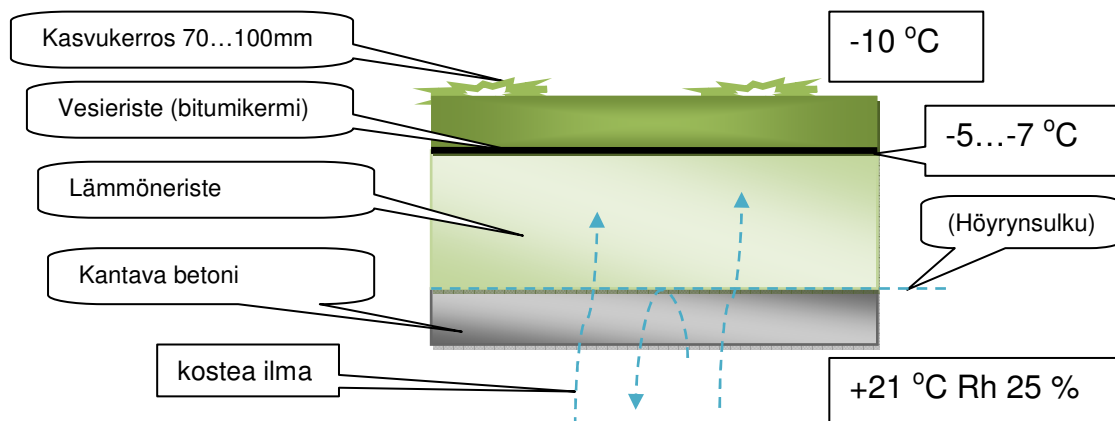
Esimerkkinä tyypillinen viheriöitävän tasakattoisen kerrostalon ns. pakettikaton rakenne. Se koostuu kantavasta betonirakenteesta, lämmöneristekerroksesta sekä vesieristekerroksesta. Tällaisessa rakenteessa ei aina ole erillistä höyryn-sulkua betonirakenteen korkean ilmanvastuksen vuoksi. Jos tällainen höyryn-sulku kuitenkin on, oletetaan sen olevan vaurioitunut ja osittain ilmaa läpäisevä (kuva 20). (16.)



Kuva 20 Rakenne talviolioissa

Huonosti tuuletettuna tällaisessa rakenteessa voi tiivistymistä tapahtua vesieristeen alapintaan. Jos tiivistyminen on pitkäaikaista eikä kuivumista pääse tapahtumaan, on riski kosteuden aiheuttamille vaurioille suuri. Tämä oletamus on talviajan olosuhteissa.

Turve toimii hyvin lämmöneristeenä, joka vesieristeen päälle asennettaessa nostaa alusrakenteen lämpötilaa. Tällä on ehkäisevä vaikutus kastepisteen syntymiseen rakenteen sisällä. Kasvukerroksella kuivassa tilassa on eristävä vaikutus sahapurun luokkaa. Laskennallisesti kuvan 21 tapauksessa ilman tuulen vaikutusta voi vesieristykseen tasossa oleva rakennekerros pysyä 3 – 5 °C lämpimämpänä kuin ympäröivä ulkoilma. Talvella sisäilman suhteellisen kosteuden ollessa muutenkin matala, on kosteusvaurion riski hyvin pieni. (16.)



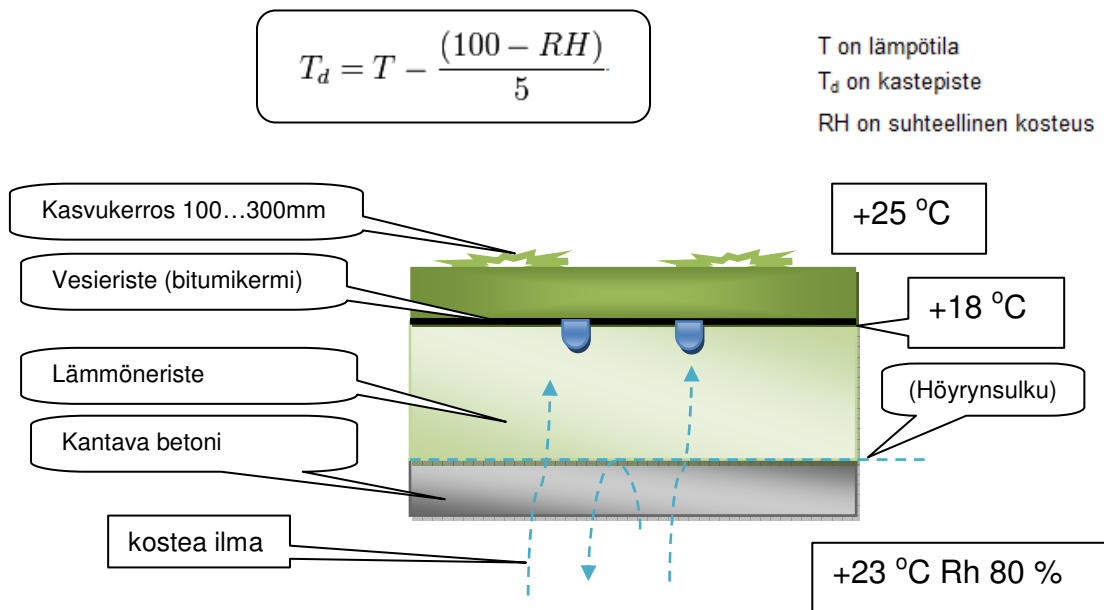
Kuva 21 Rakenne talviolioissa viherkatteella

Kesällä olosuhteiden muuttuessa myös olosuhteet rakenteen sisällä on syytä tarkastaa. Perinteisessä rakenteessa kuten kuvassa 20 ilman viherkatetta, eivät kesän olosuhteet aiheuta oikein rakennetun rakenteen sisällä tiivistymisriskiä. Ohuen extensive-viherrakenteen aiheuttama lämpötilaero rakenteessa ei nosta riskitasoa. Jos viherrakenteen paksuutta halutaan kasvattaa, on syytä ottaa huomioon sen jäähdyttävä vaikutus. (16.)

Kesällä ilman suhteellinen kosteus ylittää helposti 60 % jolloin riski kosteuden tiivistymiselle on suurempi. Paksun ja kostean kasvukerroksen jäähdyttävä vaikutus voi olla useamman asteen. Albanet Development Corporation New Yorkissa rakennuttivat toimistorakennukseensa viherkaton jonka lämpökäyttäytymistä arkkitehtitoimisto Cesar Pelli and Associates seurasivat. Katto oli rakenteeltaan Semi-intensive ja sisälsi monimuotoisen kasvillisuuden. Kasvukerroksen paksuus vaihteli 6 – 12 tuuman (150 – 300 mm) välillä. Keskimääräisesti heinä- ja elokuussa mitatuissa tuloksissa katon vesieristetasossa lämpötila oli noin 40 % ympäröivää ilmalämpötilaa matalampi. Mittauksissa huomioitiin vuorokaudesta aikaväli 07.00 – 19.00. (10.)

Olosuhteet vastaavat lähes Suomen kesän ilmastoa, joten arvoa voi varovaisesti verrata myös Suomessa tapahtuvaan rakenteen lämpötilamuutoksiin. Kui-

tenkin New Yorkissa vallitsee rannikkoilmasto, jossa lämpöjaksot ovat pidempi-
aikaiset. Tämä osittain pienentää vertailuarvoa Suomessa. Vaikka vertailuarvoa
pienennetään 30 %:lla, on riski veden tiivistymiseen silti suuri. Kuvan 22 tapa-
uksessa kastepiste muodostuu 21 °C:ssa ja arvioitu vesieristeen lämpötila on
18 °C. Rakenne on siis riskialtis. (16.)



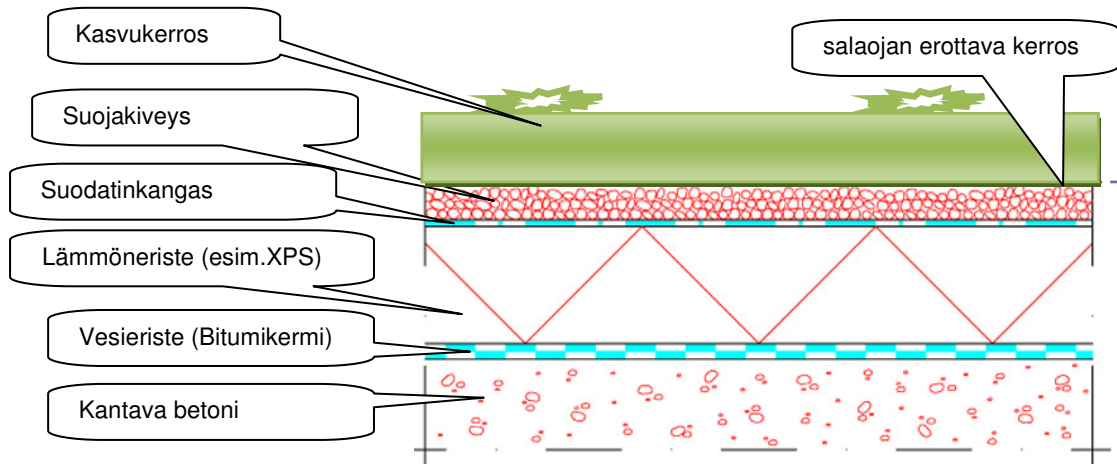
Kuva 22 Rakenne kesäoloissa vesieristeen ollessa 27 % ulkolämpötilaa viileämpi

Mikäli paksuja viherkattorakenteita suunnitellaan vanhoihin rakenteisiin, on otet-
tava huomioon vanhan rakenteen rakennusfysikaalinen toiminta ja viherkaton
vaikutus siihen. Uudessa rakennuksessa kosteuden käyttäytyminen otetaan
huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

8.2 Rakenne-esimerkki

Lämpö- ja kosteusteknisesti yksi optimaalinen rakenne ratkaisu on ns. käännet-
ty katto. Tämän rakenteen vedeneristys sijaitsee kantavan kerroksen pinnassa
ennen lämmöneristettä. Tässä rakenteessa vesieriste toimii samalla höyrynsul-
kuna ja talviaikaan aina rakenteen lämpimällä puolella. Kuumana ajanjaksona ei

kasvualustan viileys pääse vaikuttamaan kovinkaan voimakkaasti vesieristekerrokseen joten rakenne ei ole erityisen altis veden tiivistymiselle. Käännettyssä katossa (kuva 23) myös minimoidaan riskit vedeneristyskerroksen vioittumiseen asennuksen aikana. Lämmöneristekerros suojaa vedeneristettä koko asennuksen ajan.



Kuva 23 Käännetty katto (9.)

Mikäli katon kaltevuus viherkatonle on riittävä kuvan 23 mukaista käännettyä kattoa korjauskohteessa viheriöittäessä, ei ehjälle alusrakenteelle tarvitse tehdä muutoksia. Lämmöneristeen päällä oleva suojakiveyksen ollessa riittävän paksu voidaan se jättää salaojittavaksi kerrokseksi. Tämän päälle on muistettava asentaa juuria läpäisemätön suodatinkangas ennen kasvualustan asennusta. Uudisrakenteessa suojakiveys voidaan korvata erilaisilla teollisilla salaojitusmateriaaleilla.

9 VIHHERKATON HINTA, RAKENTAMINEN SEKÄ HUOLTO

9.1 Rakentaminen

Kasvillisuuden ja kattorakenteen pitkän iän sekä hyvinvoinnin takaamiseksi on viherkaton rakentamisessa syytä käyttää siihen erikoistuneita asentajia. Katon toiminnan voi pilata monessa rakennusvaiheessa. Ensimmäinen viherrakenteen kannalta kriittinen työvaihe on salaojituksen tehokas toiminta. Tämä takaa kasvustolle sopivan kosteat kasvuolosuhteet ja juuristo pääsee aina sateen jälkeen tuulettumaan. Veden seisominen kasvuston juuristolla voi mädättää kasvuston jo muutamassa päivässä riippuen kasvillisuudesta. (11.)

Seuraava tärkeä vaihe on kasvuston asentaminen, istuttaminen tai kylväminen. Käytettäessä kasvillisuutena esikasvatettua mattoa ei asennuksessa juurikaan voi tehdä virheitä. Kylvettäessä on tärkeää taata siemenille sopiva kosteus kylvön alkuvaiheessa. Keinotekoista kastelua on todennäköisesti suoritettava kahden ensimmäisen kasvuviikon aikana normaalia useammin. Istutettaessa kasvusto taimista on kasveja käsiteltävä siten, että juuripaakku ei pääse vaurioitumaan. Kasvi on myös istutettava oikeaan syvyyteen kasvin selviytymisen takaamiseksi. Taimia istutettaessa on myös taimien välinen etäisyys huomioitava. Liian etäinen väli jättää katon läikikkääksi ja juuristomaton vajaaksi. Tämä voi aiheuttaa kasvualustalle tuulen ja sateen vaikutuksesta eroosiota. Liian tiivis istuttaminen voi tukahduttaa kasvin tai aiheuttaa kasvun hidastumista eikä tämä ole kustannustehokasta. (11; 13.)

9.2 Huolto

Extensive-viherkatto ei käytännössä asennuksen jälkeen jatkuvaa huoltoa tarvitse. Kuitenkin, jos katolle pääsee kertymään havupuiden neulasia, on ne poistettava. Tällä tavoin katon kasvualusta ei happamoidu liikaa ja pH pysyy kasvillisuudelle otollisena. Rikkaruohoja ei tarvitse poistaa, sillä ne yleensä kuolevat kuivuuteen kuivakauden aikana. Vain visuaalisesti häiritsevät voidaan poistaa

haluttaessa. Kasvit leviävät ja rehevöityvät nopeammin, jos kattoa lannoitetaan kahden ensimmäisen vuoden aikana 2 - 3 kertaa kesässä.

Semi-extensive viherkatto on jo joitakin huoltotoimenpiteitä vaativa. Kuivakausina on kattoa kasteltava. Suhteellisen ohuen kasvukerroksen takia on kasvustoa lannoitettava 2 - 3 kertaa kesässä. Myös tältä katolta on poistettava kertyvät havupuiden neulaset. Kitkeminen ja yleinen siistiminen suoritettava 1 – 2 kertaa vuodessa. Kasvuston mukaan on myös kasvien leikkaus suoritettava kerran kasvukaudessa.

Intensive viherkattoa hoidetaan säännöllisesti esim. julkaisun ”Viheralueiden hoidon työselitys VHT’05” mukaisesti. Kastelua on suoritettava säännöllisesti ja lannoitus kasvuston vaatimuksien mukaan. Kasvustoa on leikattava ulkonäön ja lajikkeiden vaatimuksien mukaan. Tarvittaessa tehdään esimerkiksi uudelleenistutukset, kitkeminen, tuholaistorjunta, kuihtuneiden kukkien ja lehtien poisto. Hoitotyöt riippuvat kasvivalinnoista. (20.)

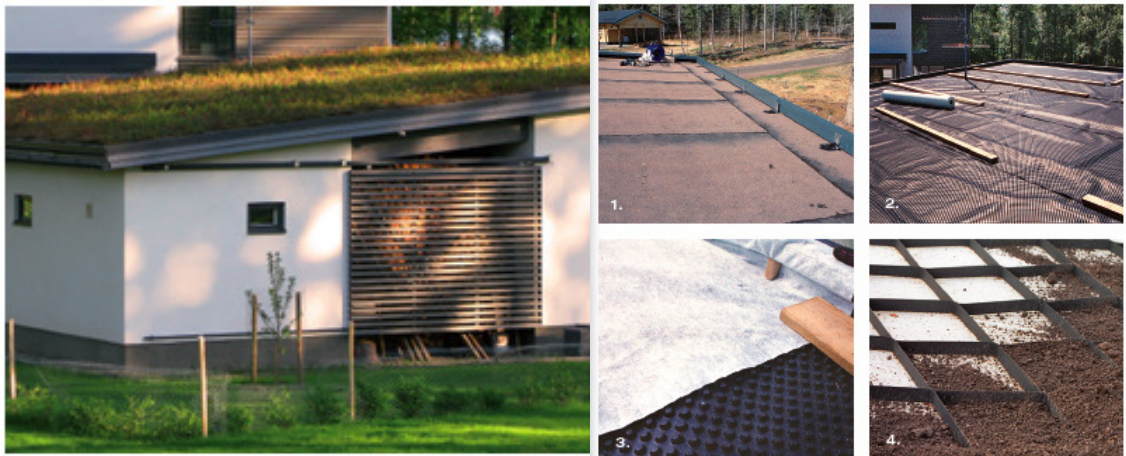
9.3 Hinta

Viherkaton kustannukset vaihtelevat suuresti halutun kasvuston, käyttötavan ja etenkin alusrakenteen mukaan. Itse turvekerroksen vahvuuden vaihtelun vaikutus kokonaishintaan ei ole merkittävän suuri. Suurimmiksi kustannuseriksi muodostuvat vesieristeen uusiminen viherkaton sopivaksi sekä käytetty työaika. Uudisrakennuksessa kustannuksia voi lisätä rakennevahvuuksien suurentaminen viherkaton paksuutta lisättäessä. Viherkaton rakentaminen on hidasta käsitöitä, jossa on paljon aikaa vieviä yksityiskohtia. Erilaiset mahdolliset palokatkot, somerokaistaleet sekä katon reunarakenteet ja niiden teko voivat viedä yllättävän paljon aikaa. Jos katto on monimuotoinen ja sisältää paljon erilaisia erikoisrakenteita, esimerkiksi kattoikkunoita tai ilmastoinnille tehtyjä läpivientejä, on tämä syytä ottaa huomioon kustannuksia arvioitaessa. Käytettäessä yleisempiä kasvilajikkeita ei kasvien hinta itsessään vaihtelee merkittävästi. Kuitenkin asennustavassa voi hinnat vaihdella suurestikin. Käytettäessä heti valmista kasvualustamattoa on hinta neliölle huomattavasti kylvöasennusta suurempi.

Myös viheriöittävän katon pinta-ala vaikuttaa ratkaisevasti syntyvään kustannukseen.

Esimerkkinä tarkastellaan extensive- pientaloratkaisua sekä extensive halliratkaisua.

Hartolaan on vuonna 2008 rakennettu jälkeinpäin autokatoksen katolle noin 120 m² metsävarvikolla katettua extensive- viherkattoa. Kattorakenne koostuu 6 eri kerroksesta. Ensin on alusrakenteen kumibitumihuopa. Sen päälle on asennettu salaojittava kerros. Tähän on käytetty muovista patolevyä, joka jättää bitumin ja kasvukerroksen väliin noin 12 mm paksun salaojittavan kerroksen. Tämän päälle on asennettu myös juurisuojana toimiva suodatinkangas. Katon ollessa yhteen suuntaan kalteva on varmuudeksi asennettu muovinen turpeensi-dontakennosto joka on kiinnitetty kateruuveilla istutuskaukalon reunoihin. Päälle on levitetty noin 10 cm paksuinen turvekerros. Viimeiseksi on asennettu valmiiksi kasvatettu metsävarvikkomatto (kuva 24).

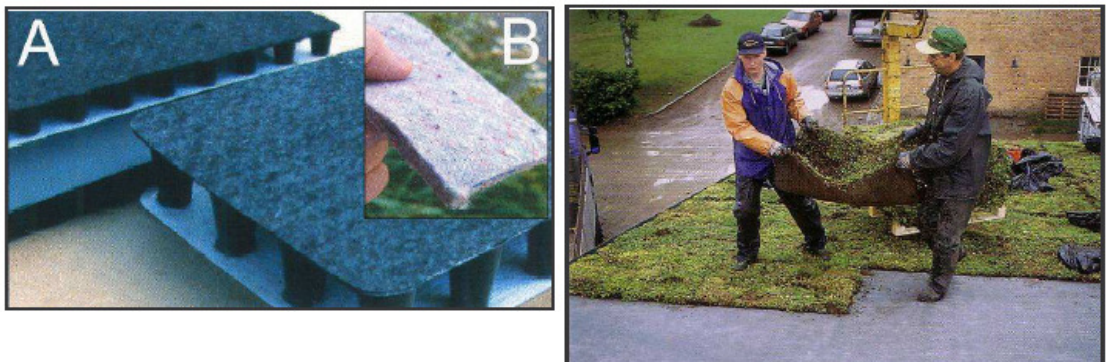


Kuva 24 Viherkattorakenne Hartolassa (17.)

Tällainen rakenne rakennettiin noin kuudessa viikossa. Rakentamiseen käytettiin sekä ammattityövoimaa että omistajien omaa työpanosta. Täten töistä aiheutuvia kustannuksia on vaikea arvioida. Materiaaleista aiheutuvia kustannuksia tuli kennostosta, jonka hinnaksi on ilmoitettu 7,2 €/m². Juurisuojatun suodatinkankaan hinta on noin 4 €/m². Turve toimitettuna maksoi noin 4 €/m². Varvik-

ko asennettuna maksoi 18 €/m². Alusrakenteena toimiva kaksinkertainen kumi-bitumihuopa maksaa asennettuna noin 30 €/m². Näistä syntyy katon materiaali-seksi neliöhinnaksi noin 63 €/m². Tämä hinta ei sisällä työkustannuksia. (17.)

Katon ollessa yhtenäinen, kuten kuvassa 24 jää työkustannukset pienemmiksi kuin monimuotoista kattoa rakennettaessa. Yhdellä kertaa rakennettavien neliöiden määrän kasvaessa pienenee työkustannusten osuus. Myös materiaalien hinnoissa on määrien kasvaessa mahdollisuus neuvotella tuotehinnoista.



Kuva 25 Viherkaton rakenne varastohallissa (17.)

Kuvassa 20 rakennetaan yli 400 m² extensive- viherkattorakennetta varastohalliin. Rakenne on lähes sama kuin edellä esitelty pientaloratkaisun tapauksessa. Rakenne eroaa salaojituserroksen sekä kasvukerroksen osalta. Salaojittavana kerroksena käytettiin erään yrityksen juuri tähän tarkoitukseen kehittämää ratkaisua. Kasvualustana ei käytetty erillistä turvetta vaan kuvassa 25 näkyvässä pienennetyssä kuvassa B näkyvää lumppukangasta, joka toimii turpeen tavoin. Tämä ratkaisu ei ole niin vettä ja ravinteita pitävä, mutta toimii hyvin vähäravinteisia kasveja valittaessa. Kasveina on käytetty esikasvatettua sammal-maksaruohomattoa, joka on asennettu yhden neliömetrin kokoisina paloina. Kokonaiskustannus valmiille katonneliölle työkustannukset mukaan lukien nousi 70 €/m². (17.)

Vertailtaessa turvepohjaista pientaloratkaisua sekä laaja-alaista lumppukangasratkaisua voidaan todeta laaja-alaisen ratkaisun tulleen edullisemmaksi neliö-

hinnaltaan. Tämä johtuu suurilta osin työkustannuksista. Varastohalliratkaisussa ei ole tarvittu turpeen paikalla pidättävää kennostoa. Myös lumppukangas on hyvinkin paljon nopeampaa levittää kuin turve, vaikka materiaalin neliöhinta on jokseenkin suurempi kuin turpeella. Kokonaiskustannuksilta extensive- viherkatto vastaa konesaumatus peltikaton kokonaiskustannuksia. Täten viherkatto on hyvinkin kilpailukykyinen hinnaltaan muiden kattoratkaisuiden kanssa.

10 VIHHERKATTOJEN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

Viherkatot tulee olemaan osa suomalaista kaupunkirakentamista jo lähivuosina. Viherkaton avulla saavutettavat edut ja sen kilpailukykyinen toteutushinta sekä oletettu käyttöikä lyö monet perinteiset kattorakenteet. Melkein voisi kysyä, miksi etenkin tasakattorakenteita tehdään muulla kuin viherkattoperiaatteella.

Maailmanlaajuisesti suosiotaan tasaisesti lisäävä viherkattorakentaminen on jo osa suurkaupunkien kestävä kehityksen rakennusajattelutapaa. Kun asiaa enemmän tutkitaan ja tietoa viherkatoista tuodaan kuluttajalle, tulee kiinnostus varmasti lisääntymään. Tämä tuo markkinoille tarpeen johon yritysosapuolet luonnollisesti vastaavat.

Työn edetessä eteen tullut lähes olematon kritiikki kertoo viherkattojen toimivuudesta ja niiden markkinoille tulemisen mahdollisuuksista. On vain siis ajan kysymys, kunnes viherkatot ovat osa laajempaa kattorakentamista Suomessa.

11 PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyössäni käsittelin tämänhetkistä saatavilla olevaa tietoa viherkatoista ja pyrin luomaan kattavan kokonaiskuvan viherkatoista, niiden käyttömahdollisuuksista sekä toiminnasta Suomessa. Tietoa on kerätty niin pohjoismaisista tietolähteistä kuin ympäri maailmaa tarjolla olevista lähteistä.

Työn edetessä tuli esiin Suomen jälkeenhäännyt viherteknologia rakentamisessa verrattaessa muuhun Eurooppaan. Esimerkiksi Saksassa viherkatot ovat osa kaupunkiympäristöä ja niitä pidetään jo osana ratkaisua hulevesiongelmiin. Kannustimena annetaan verohelpotuksia viherkaton rakentajalle. Myös Yhdysvallat on ottaneet viherkatot hyvin vastaan jo vuosia sitten sekä kehittänyt viherkentämisen tekniikoita eurooppalaisten asiantuntijoiden kanssa aktiivisesti.

Työn tavoite oli tuottaa tiivis viherkattojen etuja sekä ongelmia käsittelevä dokumentti sekä kerätä uusin tieto viherkattojen rakentamistavasta sekä valmiin katon käyttömahdollisuuksista. Työn suunnitteluohjeet on luotu Suomen rakentamislainsäädännön pohjalta. Työssä on nostettu esiin Suomen rakentamisymppäristössä eniten hyötyä saavuttavat edut. Näitä ovat muun muassa hulevesien käsittely paikanpäällä sekä kasvien tuoman värikirjon visuaalisuus yhä tiivistyvässä kaupunkirakentamisessa. Työ antaa niin tilaajalle, suunnittelijalle kuin rakentajalle tämän päivän tietoa viherkattorakentamisesta.

Viherkattorakentaminen tulee luultavammin lisääntymään ja olemaan kilpaileva katemateriaali monen muun kattomateriaalin rinnalla. Viherkaton hinta, käyttöikä sekä monimuotoisuus ovat hyvin kilpailukykyisiä nykymarkkinoilla. Viherkaton ekologisuus sekä ympäristövaikutukset muun muassa hulevesien käsittely paikanpäällä, luovat kilpailuedun muihin kattomateriaaleihin verrattuna.

KUVAT

Kuva 8 Babylonian viherkattoja 700eKr, s. 6

Kuva 9 Skandinavisia viherkattoja Tanskassa, s. 7

Kuva 3 Viherkatolla ja paljaalla katolla syntyvä hulevesivalunta, sivu. 12

Kuva 4 Näkymä viherkatolle, s.13

Kuva 5 Kattoluokittelu, s.15

Kuva 6 Extensive. maksaruohomatto sekä maksaruohokatto, s.15

Kuva 7 Intensive-katon rakentamista, s.17

Kuva 8 Semi-intensive viherkatto Chicagon kaupungintalolta s.18

Kuva 9 Kuormitustaulukko, s.20

Kuva 10 Tuulen ja lumen käyttäytyminen viherkatolla, s.22

Kuva 11 Kitkakerrointaulukko, s.22

Kuva 12 Valmiin kasvillisuusmaton yksityiskohtia, s.23

Kuva 13 Viherkattorakenteen palokatkoja, s.24

Kuva 14 Viherkaton kattokaivon toiminta, s.25

Kuva 15 Räystäsesimerkki harjakatolle, s.26

Kuva 16 Turpeensidontakennosto, s.26

Kuva 17 Huopakatteen liikuntasaumaesimerkkejä, s.27

Kuva 18 Istutusaltaiden tyyppiesimerkkejä, s.29

Kuva 19 Räystään korotus esimerkki, s.31

Kuva 20 Rakenne talvioloissa, s.32

Kuva 21 Rakenne talvioloissa viherkatteella, s.33

Kuva 22 Rakenne kesäoloissa vesieristeen ollessa 27 % ulkolämpötilaa viileämpi, s.34

Kuva 23 Käännetty katto, s.35

Kuva 24 Viherkattorakenne Hartolassa, s.38

Kuva 25 Viherkaton rakenne varastohallissa, s.39

LÄHTEET

1. http://www.helsinki.fi/yliopistolehti/2004/08_2004/artikkeli.htm (luettu 23.10.2010)
2. www.mapsofworld.com/germany/germany-country-and-germany-states/germany-history/history-in-green-roof-germany.html (luettu 2.11.2010)
3. http://www.ifenergy.com/50226711/the_history_of_green_roof_technology.php (luettu 15.11.2010)
4. <http://megapolis2024.org/about/kaupungit-pietari/> (luettu 17.11.2010)
5. <http://www.greenroofs.org/index.php/about-green-roofs/2577-aboutgrnroofs> (luettu 3.12.2010)
6. Steven W. Peck 2008, Green roof designs
7. Luonnonmukainen taajamahydrologia asemakaavoituksessa, Opinnäytetyö, Minna kokkarinen 2006
8. Diane relf 2006, HORTICULTURE: A THERAPEUTIC TOOL
9. Kekkilä.fi Viherkattojen suunnitteluohje
10. Veg tech : vegetationsteknik
11. readers digest 2010, Gardening
12. Eurocode 1991-4-1-1
13. Kuopion kaupunki 2007 Hulevesien luonnonmukaisen hallinnan suunnitteluohje
14. Rt 85-10709
15. Dick Björkholtz 1997, Lämpö ja kosteus, Rakennusfysiikka
16. <http://www.kotipuutarha.fi/index.php?section=130> (luettu 8.1.2011)
17. http://www.lemminkainenkatto.fi/fi/Tuotteet/Viherkatto___Nittedal-kattoturve/Platon_DE25_-rakenne (luettu 14.1.2011)
18. <http://www.greenroofs.com/projects/pview.php?id=680> (luettu 18.1.2011)
19. http://www.icopal.fi/upload/icopal.fi/asennusohjeet/viherkatto_suunnitteluo hjeet_10112010.pdf (luettu 1.2.2011)